



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de
Ingeniería Industrial

**La relación que existe entre la cantidad de
elementos químicos presentes en agua
que es apta para consumo humano y la
contaminación de agua en la cuenca
Locumba en los años 2015-2016**

Fanny Veronica Rebollo Allca

Huancayo, 2017

Trabajo de Investigación para optar el Título Profesional en
Ingeniería Industrial



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

Agradecimiento

Con todo mi amor para mis padres quienes hicieron todo en la vida para que pudiera lograr mis sueños, por motivarme y apoyarme, a ustedes por siempre mi vida, mi corazón y mi agradecimiento eterno.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por finalidad determinar la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua que es para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016. El presente estudio es una investigación aplicada, descriptiva, cuantitativa y correlacional, ya que incluye indagaciones que provienen de exploración básica aplicada para crear nuevo conocimiento que a su vez puede utilizarse para desarrollar nuevos o mejores procesos y está orientada a resolver problemas de carácter práctico a fin de mejorar la sociedad. El diseño de investigación que se utilizó es el cuasi-experimental, transeccional correlacional-causal. El método de investigación utilizado, fue descriptivo y experimental. La población, del presente trabajo de investigación, estuvo conformada por las poblaciones de la provincia Jorge Basadre (cuenca Locumba). La muestra del estudio estuvo conformada por 12 poblaciones (análisis de agua de 2 años), 24 registros de análisis de agua (físicoquímico). Se utilizó la técnica del análisis documental para evaluar la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua que es para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016.

Los resultados del estudio confirman la hipótesis planteada, siendo que la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua que es para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016 es significativa, ya que se ha hallado que el valor P es 0,015 para la primera hipótesis y para la segunda el valor P es 0,025.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	ix
I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	
1.1. Planteamiento del problema	10
1.2 Formulación del problema	12
1.2.1 Problema general.....	12
1.2.2 Problemas específicos.....	12
1.3 Objetivo general y específicos	
1.3.1 Objetivo general.....	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
1.4 Justificación e importancia	
1.4.1 Justificación teórica.....	13
1.4.2 Justificación práctica.....	14
1.4.3 Importancia.....	14
1.5 Hipótesis y descripción de variables	
1.5.1 Hipótesis general.....	14
1.5.2 Hipótesis específicas.....	15
1.5.3 Variables	
1.5.3.1 Variable dependiente.....	15
1.5.3.1 Variable independiente.....	15
1.6. Delimitación de la investigación.....	15
1.7 Limitaciones de la investigación.....	16
II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes del problema	
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	17
2.1.2 Antecedentes internacionales.....	19
2.2 Bases teóricas	
2.2.1 Contaminación del agua	22
2.2.1.1 Causas de la contaminación del agua.....	22
2.2.1.2 Principales contaminantes del agua.....	24

2.2.1.3 Nitratos en el agua.....	24
2.2.1.4 Arsénico en el agua.....	25
2.2.1.5 Mercurio en el agua.....	26
2.2.1.6 Aluminio en el agua.....	27
2.2.1.7 Cobre en el agua.....	27
2.2.1.8 Plomo en el agua.....	28
2.2.1.9 El Arsénico en la industria minera.....	28
2.2.2 Límites máximos permisibles de elementos químicos en el agua para consumo humano	30

III: METODOLOGÍA

3.1 Métodos y alcance de la investigación

3.1.1 Métodos de investigación.....	32
3.1.2 Nivel.....	33
3.1.3 Tipo	33

3.2 Diseño de la investigación34

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población.....	35
3.3.2 Muestra	35

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección

3.4.1 Técnicas.....	36
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	36

3.5 Técnicas de procesamiento de datos

3.5.1 Procesamiento de datos.....	37
3.5.2 Análisis de datos.....	37

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS DEL TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

4.1.1 Confiabilidad del instrumento

4.1.1.1. Aplicación de coeficiente de Alpha de Cronbach.....	39
4.1.1.2. Análisis fisicoquímico del agua de la cuenca de Locumba, años 2015-2016.....	41

4.1.1.2.1. Análisis de muestras año 2015.....	41
4.1.1.2.2. Análisis de muestras año 2016.....	45
4.1.2. Resumen de análisis fisicoquímicos.....	49
4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS	
4.2.1. Verificación de la distribución estadística de los datos	50
4.2.2. Contratación de las hipótesis específicas de investigación.....	51
4.2.2.1 Hipótesis específica 1	51
4.2.2.2 Hipótesis específica 2.....	53
4.2.3 Verificación de la hipótesis general de investigación.....	55
4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
V. CONCLUSIONES.....	57
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
VII. ANEXOS	
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Análisis de la contaminación provocada en aguas superficiales que provocan más enfermedades.....	11
Tabla Nª 2. Límites máximo permisibles (LMP) referenciales de los parámetros de calidad del agua.....	31
Tabla Nª 3. Determinación de la muestra de registros.....	35
Tabla Nª 4. Determinación de la muestra de registros de análisis.....	36
Tabla Nª 5. Escala de Alpha de Cronbach.....	40

Análisis de muestras año 2015

Tabla N° 6. Borogueña	41
Tabla N° 7. Vilalaca.....	41
Tabla N° 8. Coraguaya.....	41
Tabla N° 9. Cambaya.....	42
Tabla N° 10. Toco.....	42
Tabla N° 11. Chululuni.....	42
Tabla N° 12. Ilabaya.....	43
Tabla N° 13. Mirave.....	43
Tabla N° 14: Poquera.....	43
Tabla N° 15. Chulibaya.....	44
Tabla N° 16. Ticapampa.....	44
Tabla N° 17 Oconchay.....	44

Análisis de muestras año 2015

Tabla N° 18. Borogueña	45
Tabla N° 19. Vilalaca.....	45
Tabla Nª 20 Coraguaya.....	45
Tabla N° 21 Cambaya.....	46
Tabla N° 22. Toco.....	46
Tabla N° 23. Chululuni.....	46
Tabla N° 24. Ilabaya.....	47
Tabla N° 25. Mirave.....	47
Tabla Nª 26: Poquera.....	47
Tabla N° 27. Chulibaya.....	48
Tabla N° 28. Ticapampa.....	48
Tabla N° 29 Oconchay.....	48
Tabla N°30: Resumen de análisis fisicoquímicos	49
Tabla N°31: Resultados de aplicación de Kolmogorov-Smimov.....	50
Tabla N°32: Coeficiente de correlación de Pearson.....	53
Tabla N°33: Coeficiente de correlación de Pearson 2	55
Tabla N°34: Verificación de hipótesis general.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Análisis por Pareto.....	12
Figura N° 2: Análisis documental.....	37

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene por finalidad determinar la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016.

Por lo antes referido, el presente trabajo de investigación considera los siguientes capítulos: el primer capítulo puntualiza el planteamiento del problema que consiste en la descripción y caracterización, formulación, justificación del problema y la formulación de hipótesis; el segundo capítulo refiere sobre el marco teórico que involucra el marco referencial, las bases teóricas y marco conceptual que define conceptos que están plasmados en las bases teóricas; el tercer capítulo refiere a la metodología usada, el nivel de investigación que es descriptivo y correlacional, el tipo de estudio es aplicado ya que se utiliza la teoría para que se proponga después alguna estrategia, modelo o técnica para la solución a un problema; el cuarto capítulo puntualiza los resultados y discusiones.

El presente trabajo de investigación es de suma importancia para el área de Gestión Ambiental, ya que refleja la realidad con casos prácticos y podrá ser usado como antecedente para la optimización de uso de técnicas adecuadas para la disminución de la contaminación ambiental del agua en la región.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento del problema

El agua es fundamental para todas las formas de vida, lo que la convierte en uno de los recursos esenciales de la naturaleza. El volumen del agua en el mundo se expresa mediante una cifra de gran importancia: 1.360 millones de km³, es decir 1.360 trillones de litros. Bajo estas perspectivas, el agua aparece como un recurso prácticamente ilimitado. Sin embargo, de esa enorme masa líquida, solo el 3% es dulce y la mitad de ella es potable. (Calvo)

Hoy en día en la provincia Jorge Basadre se ha presentado escasez de agua por lo que es importante velar y conservar este recurso hídrico que sirve tanto para uso poblacional como agrícola. La cuenca del río Locumba se encuentra ubicada en la Región Tacna y tiene una extensión de 5 742.34 Km², de las cuales 505 Km² corresponde a la cuenca húmeda, es decir aquella porción localizada por encima de los 3900 msnm y que aporta sensiblemente los recursos al escurrimiento superficial que tiene sus nacientes en la parte alta de la región, extendiéndose hasta el Océano Pacífico. (Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua, 2010)

El presente trabajo de investigación se justifica debido a la importancia que presenta contar con agua de calidad para uso poblacional y agrícola dentro del recorrido del

río Locumba. Dicha agua llega a los hogares directamente de captaciones hechas desde el río, por lo que es importante determinar si esta agua es de calidad para consumo humano.

Entre los contaminantes que pueden encontrarse en el agua en mayor o menor grado figuran los siguientes:

- Elementos químicos: metales, no metales y metaloides (mercurio, arsénico, plomo, cinc, etc.) lo que puede afectar a la salud de los huesos, la sangre y el cáncer. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)
- Restos de detergentes: tóxicos y cancerígenos
- Restos de insecticidas: tóxicos y cancerígenos
- Hormonas: que pueden disminuir la fertilidad.

Tabla 1: Análisis de la contaminación provocada en aguas superficiales que provocan más enfermedades

Tipo de defecto	Frecuencia	Frecuencia acumulada	%	% Acumulado
Elementos químicos	56	56	36	36
Restos de detergentes	48	104	30	66
Restos de insecticidas	39	143	25	91
Hormonas	10	153	6	97
Otros	5	158	3	100
	158		100	0

Fuente: elaborado usando Pareto

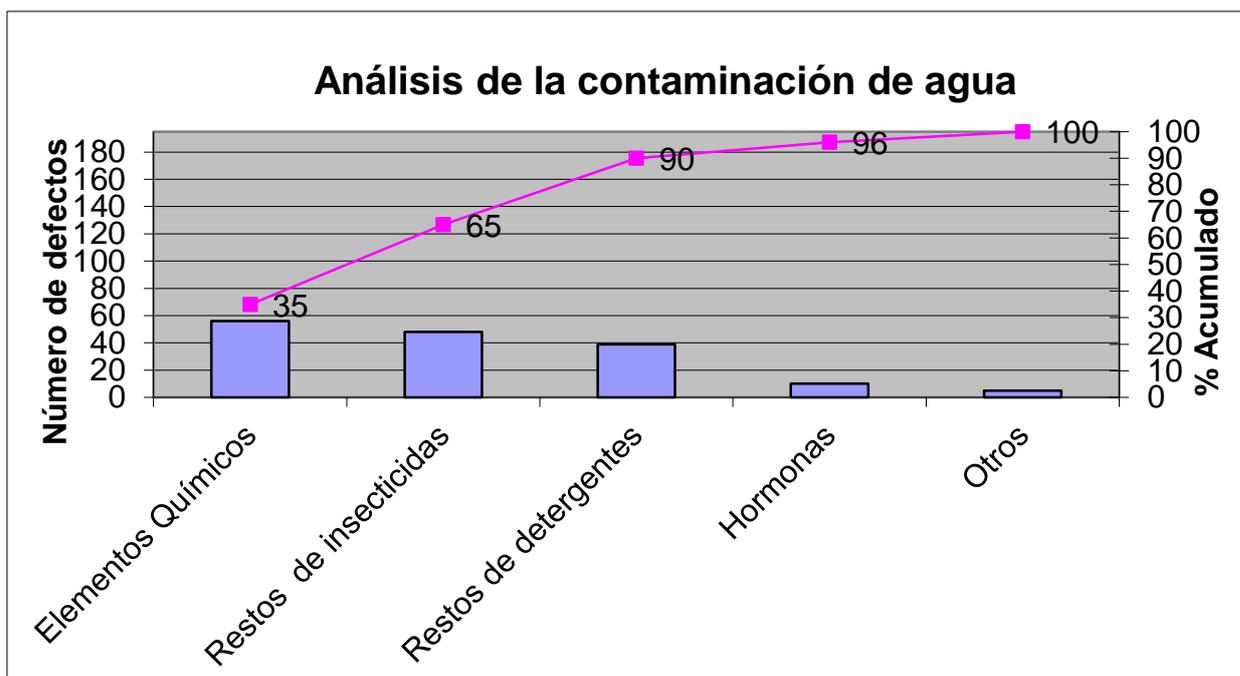


FIGURA 1: Análisis por PARETO

En la figura se observa que un 20% de las causas de la contaminación del agua como elementos químicos y restos de insecticidas representan aproximadamente un 80 % de contaminación en aguas superficiales que provocan más enfermedades, por lo tanto, la provincia Jorge Basadre se deberá centrar en analizar y determinar el nivel de contaminación de estas causas para luego buscar alternativas de solución para disminuir en un 80% la contaminación presente en la cuenca Locumba.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua que es para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los elementos químicos presentes en el agua de la cuenca Locumba en los años 2015-2016?
- ¿Cuál es el nivel de contaminación del agua presente en la cuenca Locumba en los años 2015-2016?

- c) ¿Cuál es la magnitud de la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar los elementos químicos dañinos para la salud presentes en el agua de la cuenca Locumba en los años 2015-2016.
- b) Determinar el nivel de contaminación del agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016.
- c) Determinar la magnitud de la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación teórica

Sin duda alguna, los problemas ambientales han sido relegados a un segundo plano por las diversas administraciones municipales. Un antecedente sobre la contaminación del agua proveniente de la cuenca Locumba es que en época de lluvias el agua se ensucia, los efectos futuros de esto son que el agua sale con tierra y diversos materiales, también los drenajes están en mal estado ya que hay ocasiones en las que las aguas negras se desbordan y provocan inundaciones en las poblaciones aledañas. Aunque parezca algo fácil de solucionar este no es el único problema que causa la contaminación de agua presente en el agua proveniente de esta cuenca, pues existen otros causantes de la contaminación en el agua.

En un diario local se informó que la Autoridad Nacional del Agua (ANA) al realizar análisis fisicoquímicos en las provincias de Tacna ha encontrado niveles de contaminación por minerales altos, lo cual nos da un indicio para

realizar esta investigación ya que esto viene afectando la salud de las poblaciones que consumen esta agua sin ningún tratamiento o prevención, esta contaminación no solo afecta a los propios humanos en sí, sino a la fauna y a los diferentes seres vivos.

En las poblaciones aledañas al río proveniente de la cuenca Locumba, se consume agua sin ningún tratamiento adecuado para la disminución de metales presentes en agua que se encuentran por sobre los niveles permisibles según la Organización Mundial de Salud (OMS).

1.4.2. Justificación práctica

Según la información brindada a la prensa local por la Autoridad Nacional del Agua (ANA); el agua proveniente de la cuenca Locumba es una de las que se encuentra dentro de las cuatro provincias monitoreadas. Siendo esta una alerta presente de contaminación ya que varias poblaciones o comunidades consumen estos recursos hídricos directamente de los ríos y captaciones de agua de modo rústico. El agua es fundamental para la vida, ya que sin ella simplemente no podría subsistir ningún ser vivo. Y siendo estas comunidades aledañas consumidoras y productoras agrícolas es necesario que cuenten con agua de calidad y apta para consumo.

1.4.3. Importancia

Esta investigación contribuirá con brindar información precisa de las comunidades afectadas que se encuentran aledañas al río proveniente de la cuenca Locumba y permitirá buscar alternativas de solución para revertir el daño causado según el contenido de elementos químicos (metales) presentes en el agua.

1.5. Hipótesis y descripción de variables

1.5.1. Hipótesis general

La relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016 es significativa.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a) Los elementos químicos dañinos para la salud presente en el agua de la cuenca Locumba en los años 2015-2016 son altos.
- b) La contaminación del agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016 es significativa.
- c) La magnitud de la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016 es significativa.

1.5.3. Variables

1.5.3.1. Variable dependiente

Elementos químicos presentes en agua que es para consumo humano.

1.5.3.2. Variable independiente

La contaminación del agua en la cuenca Locumba.

1.6. Delimitación de la investigación

El río Locumba es un río de la vertiente del Pacífico, localizado en la costa sur del Perú, región Tacna. Nace en las cumbres andinas al sur de la cordillera occidental de los Andes peruanos, y recorre de este a oeste atravesando el desierto costero del Perú hasta su desembocadura en el mar de Grau. En su desembocadura se forma un sistema de humedales conocidos localmente como "Pantanos de Ite". (Calizaya, 2007)

Cuenta con 5 subcuencas, entre ellas se encuentra la de Ilabaya-Tacalaya: esta cuenca tiene 921 km² de superficie y comprende los ríos Tacalaya que en su parte baja pasa a llamarse Camilaca, y que luego de su confluencia con el río Huanuara forman el río Ilabaya. (Calizaya, 2007)

Para realizar la presente investigación se usará información de análisis de agua realizadas a poblaciones aledañas al río proveniente de la cuenca Locumba como: Borogueña, Vilalaca, Coraguaya, Cambaya, Toco, Chululuni, Ilabaya, Mirave, Poquera, Chulibaya, Ticapampa y Oconchay.

Se tomará en cuenta el análisis fisicoquímico realizados en el año 2015-2016.

1.7. Limitaciones de la investigación

El presente trabajo ha tenido algunas limitaciones en su desarrollo; sin embargo, esto no influye en forma significativa en los resultados de la investigación. Entre las más relevantes podemos mencionar las siguientes:

- Escasos antecedentes de la zona de estudio
- Escasa bibliografía dentro del ámbito regional
- Falta de colaboración de las diversas administraciones municipales

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes nacionales

La investigación realizada por Juana Sosa Arias, bióloga del Ministerio de Salud, quien integra el Consejo de Recursos Hídricos de cuenca Caplina Locumba. Señala que los análisis fisicoquímicos realizados al agua para consumo humano en las comunidades y poblaciones urbanas de las cuatro provincias de Tacna, presentan altos niveles de contaminación por arsénico de origen volcánico, por encima de los 0.010 miligramos de arsénico por litro, permisibles por el Ministerio de Salud, que viene afectando a la salud de la población. En localidades de Tarata y Candarave, las concentraciones de arsénico en el agua llega a 1.91 miligramos por litro. (Diario Correo, 2015)

La investigación realizada por un grupo de investigadores peruanos y norteamericanos, liderados por la Dra. Christine Marie George de la Escuela de Salud Pública de la Universidad Johns Hopkins señala que para determinar la cantidad de arsénico al que estaban expuestos los residentes peruanos en la sierra se colectó muestras de 151 fuentes de agua (111 de tuberías de agua potable y 40 de ríos y caños municipales), de 12 distritos de Lima, La Oroya, Puno y Juliaca, entre agosto y octubre de 2012. Las muestras fueron analizadas usando un equipo de espectrometría de masas de plasma con acoplamiento inductivo (ICP-MS), capaz de detectar trazas mínimas de

diversos elementos químicos, y mediante un kit comercial llamado *Arsenic Econo-Quick®* con el fin de validarlo. Los resultados mostraron que el 86% de las muestras colectadas directamente de las tuberías de agua potable exceden los límites establecidos por la OMS y nuestra normativa nacional. En los distritos de Juliaca y Caracoto, la situación es peor puesto que el 96% de las muestras de agua potable superaban estos límites. El objetivo de este estudio fue evaluar el grado de contaminación por arsénico de las aguas subterráneas y superficiales en Perú, así como la precisión del kit *Arsenic Econo-Quick™* (EQ) para la medición de concentraciones de arsénico del agua en el campo. (George, 2012)

En el 86% (96/111) de las muestras de agua subterránea, el arsénico superó el límite de 10 mg/l de la concentración de arsénico establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el agua potable. El 56% (62/111) de las muestras superó el umbral de Bangladesh de 50 mg/l; la concentración media era de 54,5 mg/l (rango: 0,1 a 93,1). En los distritos de Juliaca y Caracoto, en el 96% (27/28) de las muestras de agua subterránea la concentración de arsénico superaba el límite establecido por la OMS. Asimismo, todas las muestras de agua recogidas en la sección del río Rímac, que atraviesa Lima, tenían concentraciones de arsénico superiores al límite de la OMS. Al validarlo en comparación con los valores de laboratorio, el kit EQ identificó de forma correcta la contaminación por arsénico respecto al límite en el 95% (106/111) de las aguas subterráneas y en el 68% (19/28) de las muestras de aguas superficiales. (George, 2012)

La contaminación de las aguas continentales es un problema de escala mundial, principalmente debido al impacto de los relaves mineros. Utilizando tecnologías de punta, como plantas de neutralización de aguas ácidas, muchas empresas están mitigando el impacto de su funcionamiento; por lo que tomando como referencia los cambios en la concentración de metales pesados presentes en aguas, suelos y cultivos de la cuenca alta, media y baja del río Moche, se realizaron muestreos de agua en ocho estaciones del río Moche (Trujillo, Perú), y en cuatro sectores de sus márgenes para suelos y cultivos. Los metales pesados más representativos en el agua se presentaron en la Cuenca Alta durante el año de 1980: hierro (557.500 ppm), plomo

(100.375 ppm), cadmio (4.550 ppm), cobre (6.900 ppm), zinc (262.900 ppm) y arsénico (9.000 ppm); mientras que en los suelos, las mayores concentraciones se encontraron en la margen derecha de la Cuenca Baja para el año 1980: hierro (83.400 mg/kg), plomo (0.820 mg/kg), cadmio (0.012 mg/kg), cobre (1.240 mg/kg), zinc (0.380 mg/kg) y arsénico (0.016 mg/kg); en relación con la acumulación de metales en los cultivos, el hierro (0.6525 mg/kg) fue el de mayor predominio, siendo la yuca (*Manihot esculentus*) el cultivo donde se presentó. Se concluye que la mayor contaminación a nivel del análisis de agua se presentó en la cuenca alta y durante el año de 1980; mientras que la margen derecha de la cuenca media presentó los mayores niveles de contaminación en las muestras de suelos; así como a nivel de los cultivos, la yuca (*Manihot esculentus*) fue la especie más contaminada. (Huaranga, F., Méndez, E. Quilcat, V., 2012)

2.1.2. Antecedentes internacionales

Si tomamos el ejemplo de lo que viene sucediendo en Argentina, observaremos que casi toda el agua que consumen, proviene de los mismos cuerpos de agua en los que son evacuados los residuos cloacales e industriales. La concentración de diversos elementos de contaminación- materiales pesados, bacterias, nitratos e hidrocarburos- que se producen en diferentes lagos, lagunas y ríos de la Argentina, superan largamente las cifras consideradas peligrosas. (Calvo, 2007)

No es casual que los ríos Paraná, Salado del Norte, Salado del Sur, Carcarañá, de la Plata y Colorado se inscriban entre los más contaminados de la Tierra. Argentina no posee medidas de control adecuadas para el tratamiento y disposición de aguas servidas, residuos peligrosos sólidos y desechos industriales domiciliarios, que finalmente terminan contaminando cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Se cuenta con información que determina que importantes y numerosos cuerpos de agua se encuentran afectados por aguas servidas, con intensos procesos de eutrofización debido a la falta de depuración. El mayor problema está en las áreas urbanas que reciben contaminantes al por mayor desde todas partes. Una de cada cuatro camas de un hospital está ocupada por pacientes que tienen enfermedades contraídas por el agua. La contaminación del agua actúa lentamente y genera

enfermedades de todo tipo, no solo trastornos infecciosos. El agua transporta metales y sustancias tóxicas que van acumulándose en los organismos hasta afectar de diferente manera los diversos tejidos corporales. (Calvo, 2007)

La contaminación de las aguas de superficie provenientes de las aguas residuales industriales y de aguas negras sin tratar es una de las causas principales de daños a la propiedad (en combinación con las inundaciones), pérdidas de espacios para recreación y daños ecológicos alrededor de las principales áreas urbanas y de varios lagos interiores. En varios lugares del interior del país como Rosario y Córdoba los cuerpos de agua se han contaminado hasta el punto de afectar los trabajos de las plantas para su tratamiento. Podemos tomar el caso del lago San Roque, abastecedor del agua de la ciudad de Córdoba, en la Provincia de Córdoba, es un lago empachado por la materia orgánica, algas, virus y bacterias; es decir, experimenta el problema de la eutrofización. Hay proyectos para hacer plantas de tratamiento para las principales localidades, pero la descarga sigue creciendo. No hay ningún sistema de tratamiento funcionando. (Calvo, 2007)

La cuenca Riachuelo-Matanza en la Provincia de Buenos Aires, con sus 2.240 kilómetros cuadrados y sus tres millones de habitantes, de los cuáles solo el 45% posee cloacas y el 65% tiene agua potable (1.700.000 personas utilizan pozos negros o cámaras sépticas), es uno de los símbolos nacionales de la polución. Tres mil empresas vuelcan a diario y desde hace años sus residuos tóxicos o no tóxicos, sólidos o líquidos, sin ningún tipo de tratamiento o con tratamiento insuficiente. Las industrias farmacéuticas, químicas y petroquímicas aportan el 30% de la contaminación, la industria de las bebidas alcohólicas y curtiembres el 3%. A estos volcamientos se agregan los afluentes cloacales. En conjunto, recibe a diario 368.000 metros cúbicos de residuos industriales, nada menos que el doble del caudal mínimo promedio del río; esto constituye una peligrosa carga que destruye cada gota de agua transformándola en una explosiva gota de contaminación. Los lodos de Riachuelo poseen grandes concentraciones de cromo, cobre, mercurio, cinc y plomo. Las mayores concentraciones de cromo y plomo se encontraron en los límites de los municipios de Avellaneda y Lanús en la provincia de Buenos Aires.

Hidrocarburos como el benceno, naftaleno, antraceno y tolueno, entre otros, abundan en las aguas y aparecen esplendorosos en los sedimentos de los ríos y arroyos cercanos a destilerías e industrias petroquímicas como las que se encuentran en los cursos de agua del área Beriso-Ensenada. (Calvo, 2007)

En las zonas urbanas y rurales del noroeste de la provincia de Buenos Aires, el acuífero Puelche reconocido como uno de los más grandes del mundo presenta diferentes niveles de contaminación con nitratos y bacterias coliformes. La sección superior arde de basura tóxica. La descarga es meteórica y el agua puede transportar sustancias asociadas con los pozos ciegos, los basurales y los nitratos residuales. El partido del conurbano bonaerense, densamente poblado, el agua del Puelche presenta concentraciones de nitratos hasta tres veces mayores a los límites permitidos. El canal oeste de los municipios Beriso y Ensenada, provincia de Buenos Aires, languidece. En ningún caso las plantas depuradoras son suficientes, los tratamientos que debieran efectuar las empresas antes de volcarlos a los cauces son entre deficientes e inexistentes. El conjunto de basuras es letal: metales pesados, compuestos orgánicos e inorgánicos. (Calvo, 2007)

Por otro lado, la empresa "Aguas Argentinas" estimó que fluyen 2.300.000 de m³ de aguas negras sin tratar por día en el Río de la Plata. A ellas, se suman 1.900.000 de m³ diarios de descargas industriales del área metropolitana de Buenos Aires. En el caso de la ciudad autónoma de Buenos Aires, la repercusión principal recae en que las normas de calidad del agua ambiental se exceden constantemente de la franja de los 300 metros continuos a la costa del Río de la Plata, impidiendo el uso recreativo (por insalubre) de las playas que antaño fueron tan importantes para sus habitantes. La mayor parte del agua que consume la población proviene de los mismos cuerpos en los que son evacuados los efluentes cloacales e industriales. Dada la falta de tratamiento de los mismos, la población termina consumiendo agua potable de calidad dudosa o a un alto costo de purificación. (Calvo, 2007)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación del agua

La contaminación del agua es uno de los peores problemas ambientales que la naturaleza sufre hoy en día. Día a día el hombre contamina el agua sin darse cuenta que este es un recurso indispensable para la vida de todos los seres vivos del planeta. Cada día las personas arrojan basura a los ríos, lagos, residuos humanos son depositados en los ríos como también los desechos de muchas fábricas que desembocan en el mar. La contaminación del agua no solo ocurre en los ríos o lagos, sino también en el océano, muchos de los barcos botan petróleo en el mar causando su contaminación y la muerte de muchos animales marinos. Los desechos industriales, incluso en concentraciones muy pequeñas, son extremadamente tóxicos para la vida marina, las aguas contaminadas pueden producir también brotes de hepatitis, cólera y disentería en los seres humanos. (Quijada)

El hombre moderno ha cambiado el color cristalino radiante a borroso marrón del agua. Accidentalmente o a propósito, le ha arrojado millones de toneladas de suciedad. En el intento de blanquear su ropa las amas de casa solo han logrado llenar de espuma con detergente de fosfatos, por ejemplo algunas de las causas hacen crecer algas y otros vegetales acuáticos volviendo pantanosos los lagos. Con sus desechos químicos y derrames de petróleo el hombre ha contaminado las aguas y matado cientos de especies y tal vez que algunos de ellos se desarrollen desproporcionadamente provocando un desequilibrio ecológico. Por eso todos debemos salvar al planeta y no contaminar el agua, fuente indispensable de vida para todos los seres vivos. (Rodríguez)

2.2.1.1. Causas de la contaminación del agua

Si bien el agua de grifo está clasificada como agua apta el consumo humano, en realidad contiene muchos elementos nocivos para la salud, los cuales no producen la muerte instantánea pero perjudican al organismo y los que podrían causar la aparición de muchas enfermedades degenerativas como el cáncer, enfermedades de corazón, etc. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)

El agua se contamina por las siguientes causas:

- **Contaminación industrial:** es producida por los vertidos que las industrias realizan directamente en los ríos o a la atmósfera a través de las chimeneas de expulsión de los humos. Las partículas expulsadas al aire se depositan con la lluvia en el suelo y se filtran hacia los acuíferos subterráneos contaminando las aguas. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)

- **Contaminación agrícola y ganadera:** es aquella que se produce por el tratamiento de los productos con herbicidas y abonos químicos. Estos productos se incorporan al agua por filtración del terreno hacia las aguas subterráneas. Las explotaciones ganaderas también son responsables de la contaminación del agua, fundamentalmente por la producción de grandes cantidades de residuos orgánicos en forma de purinas que producen la contaminación de los acuíferos. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)

-**Contaminación doméstica u urbana:** es la producida por los hogares al verter en el desagüe gran cantidad de residuos orgánicos e inorgánicos. Entre todos podríamos mencionar los plásticos, el vidrio, el papel de wáter, restos de muebles o electrodomésticos o las materias fecales ricas en bacterias. A los vertidos voluntarios que son filtrados mediante depuradoras, hay que sumar aquellos que se producen de una manera accidental por roturas o escapes en las conducciones y que se filtran directamente hacia el subsuelo. A la contaminación doméstica hay que añadir la producida por los coches en las ciudades y carreteras con emisión de humos que depositados por la lluvia son los responsables, junto con las emisiones de las industrias, de la lluvia ácida. No se deben olvidar tampoco los vertidos incontrolados de aceites de motor, sumamente contaminantes, los líquidos de frenos, el fero de los discos, etc. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)

- **Contaminación marina:** el agua de mar, con alto contenido en sal, es responsable de una contaminación de los acuíferos cercanos a la costa por salinización del agua. Cuando los acuíferos son explotados demasiado, su nivel baja, lo que facilita que el agua de mar penetre en el agua dulce ocasionando una pérdida de las cualidades del agua por adición de sales. Las pertinentes sequías del mundo actual, la sobreexplotación del agua subterránea para la agricultura de regadío o para el abastecimiento de agua de las grandes ciudades, las cada vez más abundantes exigencias de agua en actividades de recreo (golf, parques acuáticos, etc.) son, entre otras, las principales causas de la salinización del agua subterránea cercana al mar. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)

2.2.1.2. Principales contaminantes del agua

Entre los contaminantes que pueden encontrarse en esta agua, en mayor o menor grado, figuran los siguientes:

- Elementos químicos: metales, no metales y metaloides (mercurio, arsénico, plomo, cinc, etc.). Salud de los huesos, la sangre y el cáncer.
- Restos de detergentes: tóxicos y cancerígenos.
- Restos de insecticidas: tóxicos y cancerígenos.
- Hormonas sexuales: que pueden disminuir la fertilidad.

2.2.1.3. Nitratos en el agua

Los nitratos constituyen uno de los grandes problemas de la contaminación del agua. La mayoría de los nitratos proceden de los fertilizantes. Estos se filtran hacia los acuíferos y contaminan el agua. Cuando bebemos agua contaminada con nitratos, estos se transforman en nitritos, por acción de las bacterias intestinales. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)

Problemas de salud que pueden causar los nitritos

Los nitritos son los responsables de la aparición de las nitrosaminas, a las que se les otorga el desarrollo de tumores gástricos. El nivel autorizado de nitratos es de 5 mg por litro. Cantidades superiores pueden originar el “Síndrome del bebe azul” que consiste en una enfermedad producida por la falta de oxigenación lo que conlleva esta coloración en la piel. Esta enfermedad se produce porque los nitratos, convertidos en nitritos, inhiben la absorción de oxígeno. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)

Además del agua, también el uso de abonos nitrogenados contamina las plantas de manera ya que estos componentes son absorbidos por el organismo a través de la alimentación. Entre los alimentos principales más contaminados con nitratos se encuentran: las acelgas, las espinacas, la remolacha y las zanahorias.

2.2.1.4. Arsénico en el agua

El arsénico disuelto en el agua potable constituye uno de los problemas más graves de la contaminación del agua en algunas comunidades. El arsénico puede proceder de la disolución de rocas ricas en este metal, pero en la mayoría de los casos y especialmente en países industrializados procede de los vertidos que las industrias realizan en los ríos. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)

El arsénico es un metal muy tóxico que produce graves lesiones en el aparato digestivo con síntomas de fuertes vómitos, dolor de estómago, diarreas que, ingerido en la cantidad necesaria, resulta mortal. Su toxicidad es tan grande para los animales y plantas que es un componente habitual de raticidas, insecticidas y herbicidas. Estas características son las que han producido en ciertas ocasiones intoxicaciones masivas en personas que han bebido aguas contaminadas con alto porcentaje de arsénico.

Sin embargo, el principal problema de este metal en las aguas potables no son estas intoxicaciones ocasionadas sino el envenenamiento que ejerce en la población a largo plazo. Se ha demostrado que beber agua que contiene este metal es responsable del desarrollo de tumores cancerosos en los pulmones, riñones, vejiga urinaria y piel. Estas enfermedades suelen aparecer en un periodo de exposición aproximada de 10 años, si bien se pueden producir otras alteraciones en la piel, como cambios en la pigmentación, que aparecen mucho antes. Otros estudios sugieren que el arsénico podría ser responsable de otras enfermedades como la diabetes o hipertensión arterial. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)

Según la Organización Mundial de Salud (OMS) el agua potable debería tener menos de 0,01 mg/l de arsénico para considerarse apta para el consumo.

Esta cifra; sin embargo, esta superada por muchos países del mundo, tanto entre los más desarrollados, como Estados Unidos o Australia, como entre los países en vías de desarrollo, como India. Entre los países bastante afectados se encuentran Perú, Argentina, México, Chile en América; Tailandia y la China en Asia o Hungría en Europa.

2.2.1.5. Mercurio en el agua

El mercurio constituye un elemento muy contaminante. Industrialmente ha sido un elemento muy utilizado y aparecía en la composición de la soda cáustica, así como en muchos instrumentos de medición (barómetros, termómetros, etc.), de electricidad o en amalgamas dentales. Todo ello supuso un gran vertido de este metal en el medio ambiente. Actualmente está mucho más restringido su uso en numerosos países. En general, actualmente la incorporación de mercurio procede fundamentalmente de la comida, siendo el pescado el alimento que contiene más cantidad de este tóxico. Otras fuentes son las aguas contaminadas o los

aerosoles ambientales. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)

El mercurio resulta muy tóxico para los humanos. Puede resultar mortal en dosis de 500 mg. Su ingestión se traduce en forma de daños digestivos, fundamentalmente a los riñones y al hígado. Entre los síntomas más característicos tenemos dolor en el vientre, vómitos, diarrea, parálisis cardiorespiratoria y muerte. La exposición externa a este tóxico puede producir dermatitis o eccema y la inhalación de sus vapores puede producir graves problemas en los pulmones. Los límites aceptables de mercurio en el agua se cifran entre 0,5 y 0,6 ug por litro. En general la mayoría de las aguas no superan estos límites. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)

2.2.1.6. Aluminio en el agua

El contenido del aluminio en el agua procede principalmente del tratamiento de decantación de la materia sólida suspendida en las aguas fluviales. Aunque no esté probado, algunos especialistas atribuyen a este metal el desarrollo del Alzheimer. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)

2.2.1.7. Cobre en el agua

Dadas las características de este metal (maleable, dúctil, poco corrosivo) se utiliza mucho en la industria (cableado eléctrico, componente de muchas piezas de máquinas, utensilios de cocina, fabricación de insecticidas, pinturas, fertilizantes, aditivos alimentarios, colorantes, etc.). La oxidación de estos elementos produce fundamentalmente la incorporación del cobre al agua.

El cobre es un nutriente esencial para el hombre. La dosis recomendada mínima para los adultos es de 900 ug (millonésimas de gramo). Es necesario para la incorporación de la hemoglobina en la sangre, por lo que una deficiencia de cobre puede ocasionar

anemia. El sistema nervioso y muchas hormonas necesitan cobre para funcionar bien. Se ha visto cómo las personas que tenían carencia de cobre mostraban colesterol elevado, problemas en el cabello y en la piel. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)

La Organización Mundial de la Salud recomienda una ingestión máxima de 10 mg diarios. El agua potable no presenta en general riesgos para la salud puesto que los niveles de cobre que poseen no permiten superar estas cantidades diarias. Solamente en aquellos lugares con cañerías de cobre instaladas en aguas muy ácidas podrían resultar perjudiciales por lo que no se recomienda la instalación de este tipo de cañerías con este tipo de aguas.

2.2.1.8. Plomo en el agua

La mayor parte del plomo del agua procede de las cañerías antiguas. Este metal afecta fundamentalmente a los niños, disminuyendo su crecimiento. En mayor o menor grado afecta también a los mayores, disminuyendo la capacidad reproductiva y atacando los riñones. (Botanical online-agentes contaminantes del agua)

En las casas con tuberías antiguas de plomo es conveniente dejar correr el agua unos minutos por las mañanas o cuando hace horas que no se ha utilizado para que los residuos de plomo que se han depositado en ella no sean bebidos.

2.2.1.9. El arsénico en la industria minera

Las emisiones de arsénico hacia la atmósfera producto de la fundición del cobre constituyen, con mucho, la mayor fuente de arsénico de la industria minera y metalúrgica y han sido el objetivo de las tecnologías para el control de la contaminación y de regulaciones cada vez más exigentes. El arsénico también puede ser arrastrado de algunos yacimientos de metales por acción de cianuros o del drenaje ácido de roca, pero es posible atraparlo y

eliminarlo de las aguas residuales antes de su liberación al medio ambiente. (Torres, 2000)

¿Cómo evita la industria minera la contaminación por arsénico?

Actualmente se utilizan varias tecnologías para atrapar y eliminar el arsénico de las pilas de fundición y de los relaves (colas) de las minas. Para controlar de forma efectiva la contaminación del aire en las fundiciones, se pueden usar limpiadores, colectores electrostáticos y filtros de bolsa que son capaces de eliminar hasta el 99.7% del polvo y humo producidos durante el proceso de tostación y fundición. Para el tratamiento de relaves de las minas y aguas residuales, se pueden utilizar compuestos de hierro que reaccionan con el arsénico y lo extraen del agua. Es posible, también, filtrar el arsénico de las aguas residuales y relaves con óxidos de hierro, revestimientos de arcilla y filtros de carbón activado, que podrán eliminarse de forma segura. También se está estudiando el uso de plantas, humedales y nanopartículas de hierro para eliminar el arsénico de áreas contaminadas. (Straskraba, 1990)

La liberación de arsénico hacia el medio ambiente como consecuencia de las actividades mineras en Canadá disminuyó 79% entre 1993 y 2009. Esto se debió en gran medida al cierre de la mina de oro Giant en el año 2000, una regulación ambiental más estricta y a la subsecuente inversión de las compañías mineras de Canadá en tecnologías para el control de la contaminación. Por lo general, los gobiernos provinciales son responsables de controlar la contaminación producida por actividades industriales y comerciales mediante un sistema de permisos y autorizaciones. El gobierno federal también regula los asuntos relacionados con el arsénico porque esta sustancia está clasificada como tóxica en la ley canadiense para la protección del medio ambiente y en la ley sobre la pesca. Entre los años de 2003 y 2010, la concentración de arsénico en el 99% de las muestras de aguas de descarga de las

minas estuvo por debajo del límite aceptable definido por las regulaciones canadienses de efluentes en la minería y metalurgia. (Straskraba, 1990)

Usos del arsénico

La producción mundial de arsénico reportada en el 2010 fue de 52,800 toneladas. La demanda de arsénico ha ido en declive desde la década de los setenta, cuando todavía se usaban ampliamente sales de arsénico inorgánico para la producción de plaguicidas. En el ámbito mundial, se sigue utilizando alrededor del 50% de la producción de arsénico para fabricar insecticidas y herbicidas, y otro 30% se usa en la fabricación de preservantes para madera de arseniatos de cobre cromatado (CCA por sus siglas en inglés). La industria de artículos electrónicos usa 5% de la producción de arsénico para fabricar semiconductores de arseniuro de galio que se usan en teléfonos celulares, paneles solares y diodos emisores de luz (LED por sus siglas en inglés), y el 15% restante se utiliza en la fabricación de vidrio y para endurecer las aleaciones de metales en municiones, soldaduras y rodamientos. (Straskraba, 1990)

Debido a la preocupación de que pudiera haber contaminación por arsénico del suelo en los lugares donde hay madera tratada, Canadá y Estados Unidos firmaron en el 2003 un acuerdo voluntario de prohibición del uso de CCA para aplicaciones residenciales. Sin embargo, todavía se utiliza CCA para el tratamiento a presión de la madera en aplicaciones industriales, como en actividades marinas y postes de luz. (Straskraba, 1990)

2.2.2 Límites máximos permisibles de elementos químicos en el agua para consumo humano

SUNASS estableció los valores límite máximo permisibles referenciales de los parámetros de control; ello originado por la carencia de una norma nacional actualizada, ya que la vigente data del año 1946 y no considera varios parámetros, como turbiedad, coliformes, pH, aluminio, nitratos, cadmio,

mercurio, cromo, entre otros; para los cuales se ha tomado los valores guía que recomienda la Organización Mundial de la Salud.

El agua potable, también llamada para consumo humano, debe cumplir con las disposiciones legales nacionales, a falta de estas, se toman en cuenta normas internacionales. Los límites máximo permisibles (LMP) referenciales (**) para el agua potable de los parámetros que se controlan actualmente, se indican en el cuadro siguiente. (SUNASS-INF-LMP, 2000)

Tabla N °2
LIMITES MÁXIMO PERMISIBLES (LMP) REFERENCIALES DE LOS
PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

Parámetro	LMP	Referencia
Coliformes totales, UFC/100mL	0 (ausencia)	(1)
Coliformes termotolerantes, UFC/100mL	0 (ausencia)	(1)
Bacterias heterotróficas, UFC/mL	500	(1)
pH	6.5-8.5	(1)
Turbiedad, UNT	5	(1)
Conductividad, 25°C CuS/cm	1500	(3)
Color, UCV-Pt-Co	20	(2)
Cloruros, mg/L	250	(2)
Sulfatos, mg/L	250	(2)
Dureza, mg/L	500	(3)
Nitratos, mg NO ₃ ⁻ /L(*)	50	(1)
Hierro,mg/L	0,3	0,3(Fe+Mn=0,5) (2)
Manganeso, mg/L	0,2	0,2(Fe+Mn=0,5) (2)
Aluminio,mg/L	0,2	(1)
Cobre, mg/L	3	(2)
Plomo, mg/L(*)	0,1	(2)
Cadmio,mg/L(*)	0,003	(1)
Arsénico,mg/L(*)	0,1	(2)
Mercurio,mg/L(*)	0.001	(1)
Cromo, mg/L(*)	0,05	(1)
Fluor,mg/L	2	(2)
Selenio,mg/L	0,05	(2)

➤ Fuente: Oficio Circular No 677-2000/SUNASS-INF-LMP

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos y alcance de la investigación

3.1.1. Métodos de investigación

En la presente investigación, se utilizó el método descriptivo y experimental. Según Sánchez & Reyes (2006, pág. 55), el método descriptivo permite estudiar los fenómenos o hechos tal como se presentan en la realidad, consiste en observar, describir y analizar detalladamente las cualidades, propiedades o atributos de las variables sin llegar a su manipulación. Consiste en describir, analizar e interpretar sistemáticamente un conjunto de hechos o fenómenos y sus variables que les caracterizan de manera tal como se dan en el presente. El método descriptivo apunta a estudiar el fenómeno en su estado natural; por lo tanto las posibilidades de tener un control directo sobre las variables de estudio son mínimas, por lo cual su validez interna es discutible.

Según Sánchez & Reyes (2006, pág. 56), el método experimental es utilizado en las investigaciones del nivel explicativo, está orientado a medir la variable dependiente en función a la variable experimental o independiente. Consiste en organizar deliberadamente condiciones, de acuerdo con un plan previo, con el fin de investigar las posibles relaciones causa-efecto exponiendo a uno o más grupos experimentales a la acción de una variable experimental y contrastando sus resultados con grupos de control o de comparación.

3.1.2. Nivel

El nivel de investigación es correlacional y exploratorio.

En el nivel de investigación correlacional se persigue fundamentalmente determinar el grado en el cual las variaciones en uno o varios factores son concomitantes con la variación en otro u otros factores. La existencia y fuerza de esta covariación normalmente se determina estadísticamente por medio de coeficientes de correlación. Es conveniente tener en cuenta que esta covariación no significa que entre los valores existan relaciones de causalidad, pues estas se determinan por otros criterios que, además de la covariación, hay que tener en cuenta. (Tamayo & Tamayo, 2004, p.50)

En el nivel exploratorio, los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 79).

3.1.3. Tipo

El tipo de investigación al que corresponde la presente tesis, se basa desde tres perspectivas: aplicada, descriptiva y cuantitativa.

“La investigación aplicada incluye investigaciones que provienen de investigación básica o de otra investigación aplicada para crear nuevo conocimiento que a su vez puede utilizarse para desarrollar nuevos o mejores productos y procesos” (Vara, 2006, p. 47).

Conocida también como investigación práctica o empírica, están orientadas a resolver problemas de carácter práctico a fin de mejorar la sociedad. Se caracteriza porque aplica o utiliza los conocimientos producidos en la investigación básica, de ahí el vínculo estrecho que las une. En síntesis se puede decir que la finalidad de la investigación social en su conjunto, es el conocimiento de la estructura e infraestructura de los fenómenos sociales, que permita explicar su funcionamiento (investigación básica) con el propósito de poder llegar a su control, reforma y transformación (investigación aplicada) (Sierra, 1997, pág. 33)

“Los estudios descriptivos buscan medir conceptos o variables; así como, evaluar diversos aspectos de un universo, con la finalidad de identificar características o establecer propiedades importantes que permitan informar sobre el fenómeno estudiado” (Landeau, 2007,p. 57).

“El enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías “(Hernández et al. 2010, p. 4)

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación es cuasi-experimental, transeccional correlacional-causal.

Según Tamayo y Tamayo (2003) el diseño “es un planteamiento de una serie de actividades sucesivas y organizadas, que pueden adaptarse a las particularidades de cada investigación y que nos indican los pasos y pruebas a efectuar y las técnicas a utilizar para recolectar y analizar los datos.” (p.108).

Los diseños cuasi-experimentales se emplean cuando es imposible hacer un control riguroso, sea por motivos éticos, sociales, características de la muestra, etc., en estos diseños no se utilizan grupos equivalentes u homogéneos. El principal rasgo del diseño cuasi-experimental es que los participantes no son asignados aleatoriamente a los diferentes grupos control y experimental, consecuentemente los participantes son clasificados de acuerdo a ciertas características que el investigador decide.

Diseño de serie en el tiempo: consiste en administrar un estímulo al grupo experimental. La medición se aplica periódicamente varias veces antes y después del tratamiento experimental.

GE: O1 O2 O3 X O4 O5 O6

GE: grupo experimental no aleatorizado.

X: Tratamiento experimental

O1: Medición 1

O2: Medición 2

.....

O6: Medición 6

Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede. Estos diseños describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. Por tanto, los diseños correlacionales-causales pueden limitarse a establecer relaciones entre variables sin precisar sentido de causalidad o pretender analizar relaciones causales. (Hernández, 2010, pp. 151,154, 155).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población del presente trabajo de investigación estuvo conformada por 34 centros poblados del distrito de Ilabaya, provincia Jorge Basadre, departamento Tacna, excluyendo a los anexos que cuentan con poca población.

3.3.2. Muestra

La muestra del estudio estuvo conformada de acuerdo a lo siguiente:

Tabla N° 3: Determinación de la muestra registros

Centro poblado	Cantidad de muestras	Por 2 años
Borogueña	2	2 registros
Vilalaca	2	2 registros
Coraguaya	2	2 registros
Cambaya	2	2 registros
Toco	2	2 registros
Chululuni	2	2 registros
Ilabaya	2	2 registros
Mirave	2	2 registros
Poquera	2	2 registros
Chulibaya	2	2 registros
Ticapampa	2	2 registros
Oconchay	2	2 registros

Tabla N° 4: Determinación de la muestra registros de análisis

Año	Cantidad de registros de análisis
2015	12
2016	12
Total	24

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

En la presente tesis se utilizó la técnica del análisis documental para evaluar la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016.

La finalidad del análisis documental es la transformación de los documentos originales en otros secundarios, instrumentos de trabajo, identificativos de los primeros y gracias a los cuales se hace posible tanto la recuperación de estos como su difusión. Toda la información registrada, en el soporte que sea, puede ser objeto del análisis documental: un artículo original de una revista científica, una noticia de prensa, un reportaje de revista, una obra musical, un registro sonoro, una imagen de vídeo, una película, una fotografía, una página web. (Castillo, 2004-2005)

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

a) Guía de análisis documental

Se utilizó la guía de análisis documental para evaluar la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016.

El análisis documental está constituido por varias operaciones fundamentales y diferentes. Gráficamente puede expresarse del siguiente modo. (Castillo, 2004-2005)

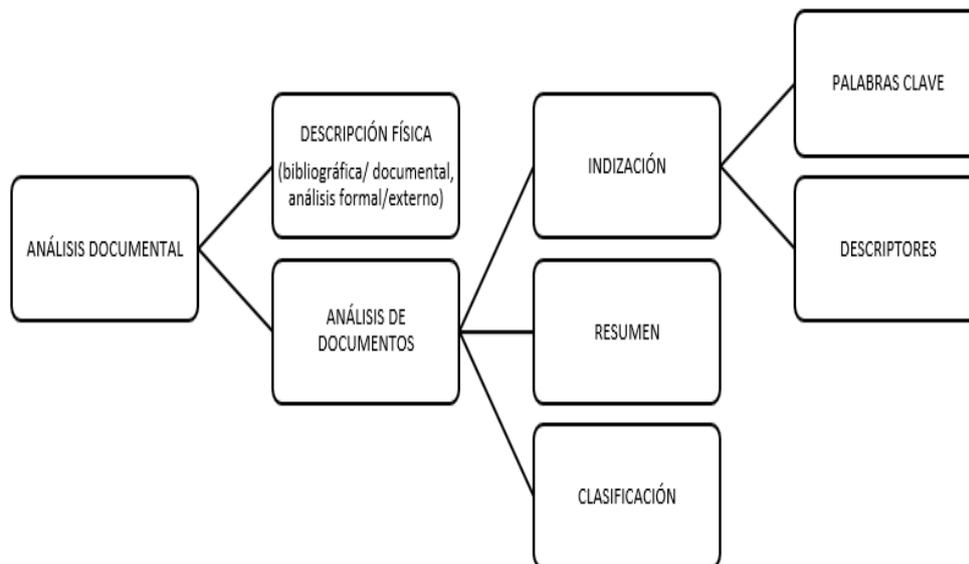


FIGURA N° 2. Análisis documental

No hay total acuerdo sobre la dicotomía análisis formal (descripción física) /análisis de contenido. Básicamente existen dos corrientes. Una corriente llamada integradora que concibe el análisis documental como un conjunto de operaciones que actúan tanto en el contenido como en la forma documental.

La segunda corriente es la corriente restringida que entiende por análisis documental solo el que comprende el análisis de contenidos. (Chaumier et al, 2004-2005)

3.5. Técnicas de procesamiento de datos

3.5.1. Procesamiento de datos

El procesamiento de datos se hizo de forma automatizada con la utilización de medios informáticos. Para ello, se utilizaron: el soporte informático SPSS, paquete con recursos para el análisis descriptivo de las variables y para el cálculo de medidas inferenciales; y Excel, aplicación de Microsoft Office, que se caracteriza por sus potentes recursos gráficos y funciones específicas que facilitan el ordenamiento de datos.

3.5.2. Análisis de datos

Se utilizó técnicas y medidas de la estadística descriptiva e inferencial.

a) En cuanto a la estadística descriptiva, se utilizarán:

- Tablas de frecuencia absoluta y relativa (porcentual). Estas tablas sirvieron para la presentación de los datos procesados y ordenados según sus categorías, niveles o clases correspondientes.

- Tablas de contingencia. Se utilizaron este tipo de tablas para visualizar la distribución de los datos según las categorías o niveles de los conjuntos de indicadores analizados simultáneamente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se analizan y discuten los resultados obtenidos del proceso de recolección de información, mediante la estadística descriptiva, estableciéndose las frecuencias y porcentajes de estos, exponiéndoles siguiendo el orden de presentación de las variables y sus indicadores. El análisis se desarrolla mediante la interpretación de las respuestas obtenidas en los cuestionarios aplicados, presentados por variables e indicadores, los mismos pueden ser observados en las tablas elaboradas para tal fin.

4.1. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

4.1.1. CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

4.1.1.1. Aplicación de coeficiente de Alpha de Cronbach

Para determinar la confiabilidad de los instrumentos aplicados, se utilizó el coeficiente de Alpha de Cronbach, cuya valoración fluctúa entre 0 y 1.

TABLA N°5: ESCALA DE ALPHA DE CRONBACH

Escala	Significado
-1 a 0	No es confiable
0.01 - 0.49	Baja confiabilidad
0.50 - 0.69	Moderada confiabilidad
0.70 - 0.89	Fuerte confiabilidad
0.90 - 1.00	Alta confiabilidad

De acuerdo con la escala, se determina que los valores cercanos a 1 implican que el instrumento utilizado es de alta confiabilidad y se aproxima a cero, significa que el instrumento es de baja confiabilidad. En base a la Escala de Likert, se procedió a analizar las respuestas logradas considerando que los valores cercanos a 1 implica que está muy en desacuerdo con lo afirmado y los valores cercanos a 5 implica que se está muy de acuerdo con lo afirmado.

Utilizando el coeficiente de Alpha de Cronbach, cuyo reporte del software SPSS 20 es el siguiente:

**ALFA DE CRONBACH: ELEMENTOS QUÍMICOS PRESENTES EN AGUA PARA
CONSUMO HUMANO**

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	Nº of Items
0,966	10

**4.1.1.2. Análisis fisicoquímico del agua proveniente de la cuenca
Locumba años 2015-2016**

4.1.1.2.1. Análisis de muestras año 2015

A. Tabla N° 6: BOROGUEÑA FECHA 15/9/2015

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	41.3	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	0.139	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.0041	0.01	CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	<0.0053	1.5	CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0056	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	25	250	CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	137	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	8.4	50	CUMPLE

B. Tabla N° 7: VILALACA FECHA 15/9/2015

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	24.1	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	0.086	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	0.00218	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	<0.0012	0.01	CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	<0.0053	1.5	CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0030	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	18	250	CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	96	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	4.8	50	CUMPLE

C. Tabla N° 8: CORAGUAYA FECHA 15/9/2015

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	37.9	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	0.118	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.0021	0.01	CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	<0.0053	1.5	CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0042	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	19	250	CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	111	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	4.8	50	CUMPLE

D. Tabla N° 9: CAMBAYA**FECHA 15/9/2015**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	154.5	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	0.392	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.0060	0.01	CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	<0.0053	1.5	CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	<0.0026	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	77	250	CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	322	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	12.7	50	CUMPLE

E. Tabla N° 10: TOCO**FECHA 15/9/2015**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	388.3	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	1090	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.0737	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	4.324	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0093	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	288	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	841	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	13.7	50	CUMPLE

F. Tabla N° 11: CHULULUNI**FECHA 15/9/2015**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	347.4	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	1052	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.0757	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	3.764	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	<0.0026	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	282	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	828	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	6.3	50	CUMPLE

G. Tabla N° 12: ILABAYA**FECHA 15/9/2015**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	431.3	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	1235	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.0566	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	4.316	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	<0.0026	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	378	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	811	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	5.8	50	CUMPLE

H. Tabla N° 13: MIRAVE**FECHA 15/9/2015**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	442.5	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	1273	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.0701	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	4.849	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	<0.0026	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	366	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	882	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	5.8	50	CUMPLE

I. Tabla N° 14: POQUERA**FECHA 15/9/2015**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	418.6	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	1670	1500	NO CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.6156	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	11.89	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0051	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	384	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1311	1000	NO CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	4.8	50	CUMPLE

J. Tabla N° 15: CHULIBAYA**FECHA 15/9/2015**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	385.7	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	1680	1500	NO CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.5869	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	10.75	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	<0.0026	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	378	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1291	1000	NO CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	3.7	50	CUMPLE

K. Tabla N° 16: TICAPAMPA**FECHA 15/9/2015**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	432.3	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	0.174	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.6988	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	12.25	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	<0.0026	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	396	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1367	1000	NO CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	6.3	50	CUMPLE

L. Tabla N° 17: OCONCHAY**FECHA 15/9/2015**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	480.5	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	1335	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.0583	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	5.425	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0028	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	366	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1087	1000	NO CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	4.2	50	CUMPLE

Como se observa, las poblaciones con mayor cantidad de elementos químicos contaminantes son desde Toco a Oconchay en el año 2015, teniendo mayor contaminación en arsénico y boro.

4.1.1.2.2. Análisis de muestras año 2016

A. Tabla N° 18: BOROGUEÑA FECHA 15/10/2016

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	14.9	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	0.139	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	0.01292	0.001	NO CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	<0.0011	0.01	CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	0.1475	1.5	CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0100	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	15	250	CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	107	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	8.98	50	CUMPLE

B. Tabla N° 19: VILALACA FECHA 15/10/2016

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	14.1	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	0.086	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.0055	0.01	CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	0.0674	1.5	CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0055	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	12	250	CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	81	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	2.0	50	CUMPLE

C. Tabla N° 20: CORAGUAYA FECHA 15/10/2016

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	16.4	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	0.118	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	0.00481	0.001	NO CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.029	0.01	CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	0.0328	1.5	CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0141	0.01	NO CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	12.08	250	CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	86	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	4.75	50	CUMPLE

D. Tabla N° 21: CAMBAYA FECHA 15/10/2016

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	189.6	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	0.392	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	<0.0012	0.01	CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	0.5222	1.5	CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0125	0.01	NO CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	80.7	250	CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	372	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	25.7	50	CUMPLE

E. Tabla N° 22: TOCO FECHA 15/10/2016

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	408.3	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	1090	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.0947	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	4.384	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0071	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	258	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	971	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	10.7	50	CUMPLE

F. Tabla N° 23: CHULULUNI FECHA 15/10/2016

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	340	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	1052	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.0710	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	3.785	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	<0.0026	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	290	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	843	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	7.3	50	CUMPLE

G. Tabla N° 24: ILABAYA**FECHA 15/10/2016**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	471.3	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	1235	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.0806	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	4.650	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0056	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	308	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	11166	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	6.8	50	CUMPLE

H. Tabla N° 25: MIRAVE**FECHA 15/10/2016**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	502	500	NO CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	1273	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.0607	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	4.907	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0041	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	335	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1218	1000	CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	4.8	50	CUMPLE

I. Tabla N° 26: POQUERA**FECHA 15/10/2016**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	406.6	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	1670	1500	NO CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.6656	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	9.015	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0071	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	300	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1311	1000	NO CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	4.2	50	CUMPLE

J. Tabla N° 27: CHULIBAYA**FECHA 15/10/2016**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	415.7	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	1680	1500	NO CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.7269	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	9.375	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0075	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	291	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1391	1000	NO CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	10.07	50	CUMPLE

K. Tabla N° 28: TICAPAMPA**FECHA 15/10/2016**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	423	500	CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	0.174	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.6843	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	8.95	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0146	0.01	NO CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	296	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1387	1000	NO CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	7.3	50	CUMPLE

L. Tabla N° 29: OCONCHAY**FECHA 15/10/2016**

ÍTEM	NOMBRE DE LA MUESTRA	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO DE LA MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE - LMP	CRITERIO
1	DUREZA TOTAL	mgCaCo3/L	503.5	500	NO CUMPLE
2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Umho/cm	1335	1500	CUMPLE
3	MERCURIO - (Hg)	mg/L	<0.00041	0.001	CUMPLE
4	ARSÉNICO-(As)	mg/L	0.0507	0.01	NO CUMPLE
5	BORO- (B)	mg/L	4.787	1.5	NO CUMPLE
6	PLOMO (Pb)	mg/L	0.0066	0.01	CUMPLE
7	SULFATOS (SO4)	mg/L	321	250	NO CUMPLE
8	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1256	1000	NO CUMPLE
9	NITRATOS (NO3)	mg/L	4.75	50	CUMPLE

Como se observa, las poblaciones con mayor cantidad de elementos químicos contaminantes son desde Toco a Oconchay en el año 2016, teniendo mayor contaminación en arsénico y boro.

4.1.2. RESUMEN DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

Tabla N° 30:

Localidad	AÑO	DUREZA TOTAL	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Hg	As	B	Pb	SO ₄	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	NO ₃
A	2015	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	2016	C	C	NC	C	C	C	C	C	C
B	2015	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	2016	C	C	C	C	C	C	C	C	C
C	2015	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	2016	C	C	NC	C	C	NC	C	C	C
D	2015	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	2016	C	C	C	C	C	NC	C	C	C
E	2015	C	C	C	NC	NC	C	NC	C	C
	2016	C	C	C	NC	NC	C	NC	C	C
F	2015	C	C	C	NC	NC	C	NC	C	C
	2016	C	C	C	NC	NC	C	NC	C	C
G	2015	C	C	C	NC	NC	C	NC	C	C
	2016	C	C	C	NC	NC	C	NC	C	C
H	2015	C	C	C	NC	NC	C	NC	C	C
	2016	NC	C	C	NC	NC	C	NC	C	C
I	2015	C	NC	C	NC	NC	C	NC	NC	C
	2016	C	NC	C	NC	NC	C	NC	NC	C
J	2015	C	NC	C	NC	NC	C	NC	NC	C
	2016	C	NC	C	NC	NC	C	NC	NC	C
K	2015	C	C	C	NC	NC	C	NC	NC	C
	2016	C	C	C	NC	NC	NC	NC	NC	C
L	2015	C	C	C	NC	NC	C	NC	NC	C
	2016	NC	C	C	NC	NC	C	NC	NC	C

C: cumple con la normativa vigente (LMP según OMS)

NC: no cumple con la normativa vigente (LMP según OMS)

4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1. VERIFICACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DATOS

Para el empleo de las pruebas estadísticas paramétricas, previamente se ha verificado si los datos se ajustan a una distribución normal, mediante la prueba de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, según los procedimientos que a continuación se exponen:

i. Planteamiento de hipótesis estadísticas de bondad de ajuste

Hipótesis nula (H₀): los datos tienen una distribución normal.

Hipótesis alterna (H_a): los datos no están distribuidos normalmente.

ii. Nivel de significación:

$\alpha=0,05$

iii. Estadígrafo de prueba

Se aplicó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, considerando la medida de discrepancia definida como:

$$D_n = \mathit{Sup}_{-\infty < x < \infty} |S_n(x) - F_o(x)|$$

iv. Cálculo del estadígrafo de prueba

Utilizando el programa SPSS, se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla N° 31: Resultados de la aplicación de la prueba de Kolmogorov-Smirnov

	AFQ15 ^a	AFQ16 ^b	COAB ^c
N	5	5	5
Z de Kolmogorov-Smirnov	0,677	0,549	0,739
Sig. asintót. (bilateral)	0,749	0,924	0,645

^a AFQ15: Análisis físico-químico 2015

^b AFQ16: Análisis físico-químico 2016.

^c COAB: contaminación del agua.

v. Decisión

Como el nivel crítico de la prueba (p_value) es mayor que $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula.

Conclusión

“Los datos se ajustan a una distribución normal, con un nivel de significación del 5%”

4.2.2. CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICAS DE INVESTIGACIÓN

La comprobación que los datos están distribuidos normalmente, permite aplicar los modelos paramétricos de distribución de T de Student para la verificación de las hipótesis específicas que a continuación se muestran:

4.2.2.1. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

La primera hipótesis específica planteada es contrastar que “Los elementos químicos presentes en el agua de la cuenca Locumba son altos en los años 2015-2016.”.

i. Formulación de hipótesis estadística

Hipótesis nula (H_0): los elementos químicos presentes en el agua de la cuenca Locumba no son altos ni se relacionan con la contaminación en el agua en los años 2015-2016.

$$H_0: \rho = 0$$

Hipótesis alternativa (H_a): los elementos químicos presentes en el agua de la cuenca Locumba son altos y se relacionan con la contaminación en el agua en los años 2015-2016.

$$H_a: \rho \neq 0$$

ii. Nivel de significación: $\alpha = 0,05$

iii. Estadígrafo de prueba

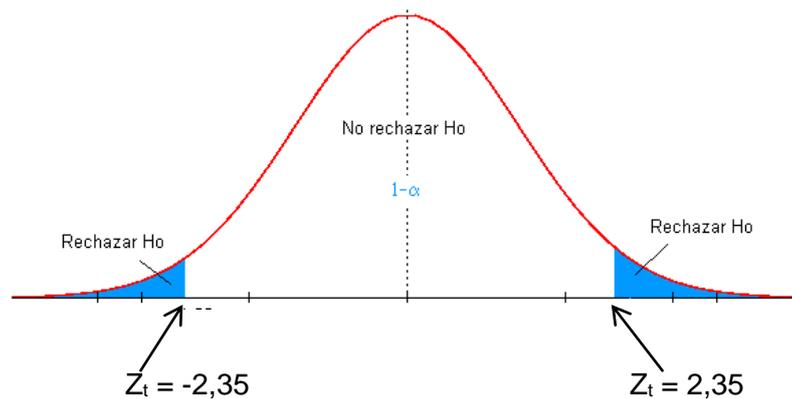
Se aplica la prueba de T de Student.

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} \sim t(n-2)$$

Dónde:

$$r = \frac{n \sum(XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

iv. Zona de aceptación y de rechazo



Zona de aceptación: $< - 2,35; 2,35 >$

Zona de rechazo : $< -\infty ; -2,35] \cup [2,35; \infty >$

v. Cálculo del estadígrafo de prueba

Recurriendo al programa estadístico del SPSS, se obtiene el coeficiente de correlación de Pearson:

Tabla N° 32: Coeficiente de correlación de Pearson

		Contaminación agua
Elementos químicos altos	Correlación de Pearson	0,945
	Sig. (bilateral)	0,015
	N°	5

Realizando los reemplazos al estadígrafo de prueba se tiene:

$$r = \frac{n \sum(XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} = 0,945$$

$$t_c = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} = \frac{0,945}{\sqrt{\frac{1-(0,945)^2}{5-2}}} = 5,00$$

vi. Decisión

Como $T_c = 5,00 \notin < -2,35 ; 2,35 >$, entonces se rechaza H_0 .

Según el programa SPSS, el resultado de $p\text{-value} = \text{Sig. (bilateral)} = 0.015 < 0.05$, entonces se rechaza H_0 . Por lo cual se arriba al mismo resultado.

Conclusión:

“Los elementos químicos presentes en el agua de la cuenca Locumba son altos y se relacionan con la contaminación en el agua, a un nivel de significación del 5%”

4.2.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

La segunda hipótesis específica planteada es contrastar que “La contaminación del agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016 es significativa.”

vii. Formulación de hipótesis estadística

Hipótesis nula (H_0): la contaminación del agua en la cuenca

Locumba en los años 2015-2016 no es significativa.

$$H_0: \rho = 0$$

Hipótesis alternativa (Ha): la contaminación del agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016 es significativa.

$$H_a: \rho \neq 0$$

viii. Nivel de significación:

$$\alpha = 0,05$$

ix. Estadígrafo de prueba

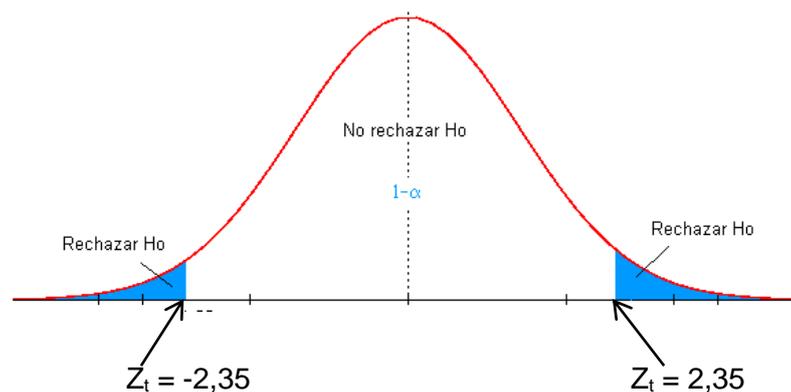
Se aplica la prueba de T de Student.

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} \sim t(n-2)$$

Dónde:

$$r = \frac{n \sum(XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

x. Zona de aceptación y de rechazo



Zona de aceptación: $< -2,35; 2,35 >$

Zona de rechazo : $< -\infty ; -2,35] \cup [2,35; \infty >$

xi. Cálculo del estadígrafo de prueba

Recurriendo al programa estadístico del SPSS, se obtiene el coeficiente de correlación de Pearson:

Tabla N° 33: Coeficiente de correlación de Pearson 2

		Contaminación del Agua
Contaminación en el periodo 2015-2016	Correlación de Pearson	0,924
	Sig. (bilateral)	0,025
	N°	5

Realizando los reemplazos al estadígrafo de prueba se tiene:

$$r = \frac{n \sum(XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} = 0,925$$

$$t_c = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} = \frac{0,924}{\sqrt{\frac{1-(0,924)^2}{5-2}}} = 4,19$$

xii. Decisión

Como $T_c = 4,19 \notin < -2,35 ; 2,35 >$, entonces se rechaza H_0 .

Según el programa SPSS, el resultado de $p\text{-value} = \text{Sig. (bilateral)} = 0.025 < 0.05$, entonces se rechaza H_0 . Por lo cual se arriba al mismo resultado.

Conclusión:

“La contaminación del agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016, es significativa, a un nivel de significación del 5%”.

4.2.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL DE INVESTIGACIÓN.

4.2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

La hipótesis general a verificarse es: “La relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca

Locumba en los años 2015-2016 es significativa. Según los resultados obtenidos en las hipótesis específicas se tiene:

TABLA N° 34: VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis específicas de investigación	p-value	Decisión
H1: los elementos químicos presentes en el agua de la cuenca Locumba son altos y se relacionan con la contaminación en el agua	0,015	Se acepta la hipótesis específica de investigación
H2: la contaminación del agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016 es significativa	0,025	Se acepta la hipótesis específica de investigación

Por lo tanto se verifica que la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016 es significativa, a un 5% del nivel de significación.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre si los elementos químicos presentes en el agua de la cuenca Locumba son altos y se relacionan con la contaminación en el agua, se determinó que es significativa, debido a que el p-value, tuvo como resultado 0,015 , lo que se relaciona con Mariano Seoanez Calvo en Amazon; Ingeniería del Medio Ambiente - Aplicada al medio, nos refiere sobre la situación en Argentina indicándonos que si tomamos el ejemplo de la Argentina, observaremos que casi toda el agua que consumen procede de los mismos cuerpos de agua en los que son evacuados los residuos cloacales e industriales.

Con respecto a los resultados sobre la contaminación del agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016 es significativa; debido a que el p-value, tuvo como resultado 0,025 lo que se relaciona con el estudio realizado por la Dra. George, Christine Marie que refiere a la contaminación de agua por arsénico en 151 fuentes de agua de

distritos de Lima, La Oroya, Puno y Juliaca, lo que demuestra que existe una contaminación del agua superando los LMP por la OMS.

CONCLUSIONES

PRIMERA

Los elementos químicos presentes en el agua de la cuenca Locumba son altos y se relacionan con la contaminación en el agua, se determinó que es significativa, debido a que el p-value, tuvo como resultado 0,015.

SEGUNDA

La contaminación del agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016 es significativa; debido a que el p-value, tuvo como resultado 0,025.

TERCERA

La relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016 es significativa, a un 5% del nivel de significación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Huaranga Moreno, F., Méndez García, E., Quilcat León, V. (2012). Revista Scientia Agropecuaria, sobre La contaminación por metales pesados en la cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú.
- Oficio Circular No 677-2000/SUNASS-INF. Límites Máximos Permisibles de agua para Consumo Humano
- Seoanez Calvo, M. (2007) Ingeniería del Medio Ambiente - Aplicada al medio.
- Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos Área de Aguas Superficiales: Evaluación de Recursos Hídricos de Cuencas de los Ríos Locumba Y Sama (Informe Técnico)
- MDI(2015-2016); Análisis Físico-Químicos de Agua.(Informe Técnico)
- Marie George, C. (2014) Boletín Informativo de Organización Mundial de Salud
- Chung, B. (2008). Control de los contaminantes químicos en el Perú. Rev. Perú., vol.25, n.4 [citado 2017-09-26], pp. 413-418. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/>
- Quijada Tacuri, V., Rodríguez, B. Contaminación del Agua. [online]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos12/contagua/contagua.shtml>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “La Relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua que es apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016”

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cuál es la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La relación que existe entre la cantidad de elementos químicos presentes en agua apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016 es significativa.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Elementos químicos presentes en agua que es para consumo humano.</p>	<p>Se utilizó el método descriptivo y experimental</p> <p>El nivel de investigación es correlacional y exploratorio</p>
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>-Determinar los elementos químicos dañinos para la salud presentes en el agua de la cuenca Locumba en los años 2015-2016. -Determinar el nivel de contaminación del agua en la</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Determinar los elementos químicos dañinos para la salud presentes en el agua de la cuenca Locumba en los años 2015-2016. -Determinar el nivel de contaminación</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>-Los elementos químicos presentes en el agua de la cuenca Locumba son altos en los años 2015-2016. -La contaminación del agua en la</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>La contaminación del agua en la cuenca Locumba.</p>	

<p>cuenca Locumba en los años 2015-2016.</p> <p>-Determinar la magnitud de la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016.</p>	<p>del agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016.</p> <p>-Determinar la magnitud de la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016.</p>	<p>cuenca Locumba en los años 2015-2016 es significativa.</p> <p>-La magnitud de la relación que existe entre la cantidad de elementos químicos apta para consumo humano y la contaminación de agua en la cuenca Locumba en los años 2015-2016 es significativa.</p>		
---	--	--	--	--